

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan, diketahui bahwa ion logam yang diuji memberikan pengaruh terhadap aktivitas spesifik ekstrak kasar enzim selulase dari *Bacillus subtilis* SF01 yang berasal dari limbah ampas tebu. Pengaruh yang diberikan berupa peningkatan dan penurunan aktivitas spesifik dari ekstrak kasar enzim selulase tersebut.

1. Penambahan ion logam Hg^{2+} terbukti dapat menurunkan aktivitas spesifik ekstrak kasar enzim selulase dari *Bacillus subtilis* SF01 pada konsentrasi 1 mM, 5 mM dan 10 mM.
2. Penambahan ion logam Ni^{2+} dan Sn^{2+} meningkatkan aktivitas spesifik ekstrak kasar enzim selulase pada konsentrasi 5mM dan 10mM, dan penambahan ion logam Al^{3+} menyebabkan peningkatan aktivitas spesifik enzim selulase dari *Bacillus subtilis* SF01 mulai pada konsentrasi 0,5 mM, 1 mM, 5 mM dan 10 mM.

5.2. Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan:

Penggunaan bahan-bahan yang mengandung ion logam Hg^{2+} sebaiknya dihindari, karena dapat menyebabkan penurunan aktivitas enzim selulase dari *Bacillus subtilis* SF01. Sebaliknya dalam proses produksi maupun purifikasi dan aplikasinya, penambahan ion logam Al^{3+} , Sn^{2+} dan Ni^{2+} diperbolehkan karena ion logam ini menyebabkan peningkatan aktivitas enzim selulase dari *Bacillus subtilis* SF01.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambriyanto, K. S., 2010, Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Aerob Pendeградasi Selulosa dari Serasah Daun Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum* Schaum).
- Amstrong, F.B, 1995, Buku Ajar Biokimia, Edisi ke 3, Diterjemahkan dari Bahasa Inggris oleh Maulany, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.
- Anindyawati, T. 2010. Potensi Selulase dalam Mendegradasi Lignoselulosa Limbah Pertanian Untuk Pupuk Organik. *Berita Selulosa*, **45(2)** :70-77.
- Ariputri D.R, 2014, 'Identifikasi Isolat Bakteri Penghasil Enzim Selulase dari Limbah Ampas Tebu Berdasarkan Analisis Homologi Gen Penyandi 16S rRNA', *Skripsi*, Sarjana Farmasi, Universitas Katolik Widya Mandala, Surabaya.
- Baharuddin, Razak, Hock, Ahmad, Aziz, Rahman, Shah, Hassan, Sakai dan Shirai. 2010. *Isolasi and Characterization of Thermophilic Cellulase-Producing Bacteria from Empty Bunches-Palm Oil Mill Effluent Compost. Journal of Applied Science*. Vol.7(1): 56-62.
- Beauchemin, K.A., Colombatto, D., Morgavi, D.P. and Yang W.Z. 2003. Use of Exogenous Fibrolytic Enzymes to Improve Feed Utilization by Ruminants, *Journal Animal Science*, **81 (E.Suppl. 2)**: E37-E47.
- Bettelheim, F. A., Brown, W. H., Campbell, M. K. and Farrell, S. O., 1973, *Introduction to Organic and Biochemistry*, 7th Edition, Brooks/Cole Cengage Learning, USA.

- Bradford, M. M., 1976, A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding, *Analytical Biochemistry*, **72**, 248–254.
- Cai, Y.J., Chapman, S.J., Buswell, J.A. and Chang, S.T. 1999. Production and Distribution of Endoglucanase, Cellobiohydrolase, and β -Glucosidase Components of the Cellulolytic System of *Volvariella volvacea*, the Edible Straw Mushroom, *Applied Microbiology*, **65**: 553-559.
- Cantor, S. L., Ausburger, L., and Hoag, S. W. 2008, *Pharmaceutical Granulation Processes, Mechanism, and the Use of Binders in Pharmaceuticals Dossage Form : Tablets*, Ausburger, L. L., & Hoag, S. W., Informa Healthcare USA, Inc., New York, pp. 287-291.
- Chalal, D. S. 1983, Growth Characteristic of Microorganism in Solid State Fermentation for Upgrading of Protein Values of Lignocelluloses and Cellulose Production, *American Chemical Society*, p. 205.
- Coogan, T.P., Latta, D.M., Snow, E.T. and Costa, M. 1989. Toxicity and Carcinogenityof Nickel Compounds, *Toxicology*, **19(4)**: 341.
- Crueger, W., Crueger, A. 1984, in: T.D. Brock. (ed.), 'Minuaer Associates' in Brock,T.D., *Biotechnology Textbook of Industrial microbiology*, Minuaer Associates' Sunderland, pp 267-276.
- Djiwandono, P. I., 2015, Meneliti Itu Tidak Sulit: Metodologi Penelitian Sosial dan Pendidikan Bahasa, Deepublish, Yogyakarta.
- Enari, T. M. 1983. *Microbial Enzimatic and Biotechnology*. W. M. Fogarty (ed). Applied Science Published London.

- Fadillah, R.F. 2012. *Isolasi dan Identifikasi Bakteri Selulolitik Pengurai Sampah Organik dari Berbagai Tempat*. Skripsi. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Fan LT, Lee Y-H and Gharpuray MM. 1982. *The Nature of Lignocellulolotics and Their Pretreatments for Enzymatic hydrolysis*. Adv. Biochem. Eng. 23.
- Frazier, W. C and D. C., Westhoft. 1981, *Food Microbiology*. Tata Mc Graw Hill Publishing Co. Ltd, New York
- Gao, Z., Ruan, L., Chen, X., Zhang, Y. and Xu, X. 2010. A novel Salt-tolerant endo-beta-1,4-glucanase Cel5A in *Vibrio* sp. G21 isolated from mangrove soil, *applied microbiology & Biotechnology*, **87(4)**: 1373-1382.
- Gilbert, H. F., 2000, Basic Concepts in Biochemistry, A Student's Survival Guide 2nd Edition McGraw-Hill, USA
- Goto, Collin, S. 2003, 'Heavy Metal Intoxication', in Nelson, *Textbook of Pediatrics*, 17th ed., Edited by Richard, E.B, Philadelphia: Saunders, pp 2355-2357.
- Hartanti, L., Susanto, F., Utami, C. P., Sukarti, E., Setiawan, H. K. dan Ervina, M., 2014, 'Screening and Isolation of Cellulolytic Bacteria from Bagasse and Characterization of The Cellulase Produce', Universitas Jember, *In Proceeding of International Protein Society Seminar*, Universitas Jember.
- Holtzapple, M, T. 1993, Cellulose, In : Encyclopedia in Food Science, *Food Technology and Nutrition*, Academic Press, London, p. 2731-2733.

- Howard, Abotsi, Rensburg, dan Howard. 2003. Lignocellulose Biotechnology: Issues of Bioconversion and Enzyme Production. *Review Journal of Biotechnology*. Vol. 2(12): 602-619.
- Iqbal, H.M.N., Ahmed, I., Zia, M.A. and Irfan, M. 2011. Purification and Characterization of the kinetic Parameters of Cellulase Produced From Wheat Straw by *Trichoderma viride* Under SSF and Its Detergent Compatibility, *Bioscience and Biotechnology*, **2**: 149-156.
- Irwanto, R. 2016, 'Pengaruh Penambahan Ion Logam Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} dan Na^{+} Terhadap Aktivitas Ekstrak Kasar Enzim Selulase Dari *Bacillus subtilis* Strain SF01 Asal Limbah Ampas Tebu', *skripsi*, Sarjana Farmasi, Universitas Katolik Widya Mandala, Surabaya.
- Jana, M., Maity, C., Samanta, S., Pati, B.R., Islam, S.S., Mohapatra, P.K.D. and Mondal, K.C. 2012. Salt-independent Thermophilic α -amylase from *Bacillus megaterium* VUMB109: An Efficacy Testing For Preparation of Maltooligosaccharides, *Industrial Crops and Products*, **41**: 386-391.
- Kennely, P.J. and Rodwell, V.W. 2009, Enzim: Mekanisme Kerja, dalam Murray, R.K., Granner, D.K. and Rodwell, V.W., Biokimia Harper, Diterjemahkandari Bahasa Inggris oleh Brahm, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.
- Khairiah, E., Khotimah, S. dan Mulyadi, A., 2013, Karakterisasi dan Kepadatan Bakteri Pendegradasi Selulosa pada Tanah Gambut di Desa Parit Banjar Kabupaten Pontianak, *Jurnal Protobiont*, **2(2)**: 87– 92.

- Lehninger, A. L. 1993, *Dasar-dasar Biokimia, Jilid 1*, terjemahan M. Thenawidjaja, Penerbit Erlangga, Surabaya.
- Lisdiyanti, P., Suyanto, E., Gusmawati, N.F. and Rahayu, W. 2012, Isolation and characterization of Cellulase produced by Cellulolytic Bacteria from Peat Soil of Ogan Komering Lilir, *International Journal of Environment ang Bioenergy*, **3(3)**: 145-153.
- Lusterio, D.D., Suizo, F.G., Labunos, N.M., Valledor, M.N., Ueda, S., Kawai, S., Koike, K., Shikata, S., Yoshimatsu, T., Ito, S., 1992. Alkali-resistant, alkaline endo-1,4--glucanase produced by *Bacillus* sp. PKM-5430. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 56, 1671–1672.
- Lynd, L.R., Paul, J.W., Willem, H. and Isak, S.P. 2002, *microbiology molecu biology*, 506.
- Mangunwardoyo, W., Aprillismulan, O.A. and Sjamsuridzal, W. 2011. Screening Cellulose Activity of Yeast Isolated from Soil, Sediment and Water Riverfrom Taman Nasional Gunung Halimun, West Java, Indonesia, *Malaysian Journal of Microbiology*, **7(4)**: 210-216.
- Matthew, Sherry, Bryan, dan Jenkins. 2003. How Straw Decomposes: Implication for Straw Bale Construction. (on line) http://www.osbbc.ca/Resources/Documents/Technical/how_straw_decompo ses.pdf. [26 Februari 2013].
- Mawadza, C., Hatti-Kaul, R., Zvauya, R. and mattiasson, B. 2000. Purification and Characterization of Cellulases Produced by Two *Bacillus* Strains, *Journal of Biotechnology*, **83**: 177-187.

- Meryandini, A., Widosari, W., Maranatha, B., Sunarti, T.C., Rachmania, N. dan Satria, H. 2009, Isolasi Bakteri Selulolitik dan Karakterisasi Enzimnya, *makara Sains*, **13(1)**: 33-38.
- Miller, G. L., 1959, Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar, *Analytical Chemistry*, **3(III)**: 426–428.
- Montgomery, R., Dryer, R.L., Conway, T.W., and Spector, A.A. 1993, *Biokimia Suatu Pendekatan Berorientasi Kasus Jilid 1*, Edisi keempat, Diterjemahkan dari Bahasa Inggris oleh Ismadi, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Murray, R. K., Granner, D. K., Mayes, P. A., Rodwell, V. W., 2003, *Biokimia Harper*, Diterjemahkan dari Bahasa Inggris oleh Anna P. Bani dan Tiara M. N. Sikumbang, EGC, Jakarta.
- Nelson, D.L. and Cox, M.M. 2004, *Principles of Biochemistry*, 5th Edition, WH Freeman, New York.
- Nugraha, R., 2006, 'Produksi Enzim Selulase oleh *Penicillium nalgiovense* SS240 pada Substrat Tandan Sawit', *Skripsi*, Sarjana Sains, Institut Pertanian Bogor.
- Oentoro, Y.B. 2016, 'Pengaruh Penambahan Ion Logam Co^{2+} , Fe^{3+} , Ba^{2+} dan K^{+} Terhadap Aktivitas Ekstrak Kasar Enzim Selulase Dari *Bacillus subtilis* Strain SF01', *skripsi*, Sarjana Farmasi, Universitas Katolik Widya Mandala, Surabaya.
- Otajewwo, F. D. and Aluyi, H. S. A., 2011, Cultural Conditions Necessary for Optimal Cellulase Yield by Cellulolytic Bacterial Organisms as They Relate to Residual Sugars Released in Broth Medium, *J. Modern Applied Science*, **3 (5)** : 141-151

- Poedjiadi, Anna. 1994. *Dasar-dasar Biokimia*, UI-Press, Jakarta, Halaman 145-146.
- Prasad, M.N.V. and Strzalka, K. 2002, *Physiology and Biochemistry of Metal Toxicity and Tolerance in Plants*, Springer, Netherlands.
- Prescott, S. C., Dunn, M. (1981). *Industrial Microbiology*. New York: Mc. Graw Hill Book. Co. Ltd.
- Rao, S. N.S. 1994. Mikroba Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Edisi Kedua. Jakarta: UI-PRESS.
- Richardson, T. and D.G. Hyslop. 1985. Enzyme. In Fenema, O.R. (Ed.). Food Chemistry. Marcel Dekker Inc., New York.
- Sadana, R., Mittal, A., Khurana, S., Singh, H. and Kamboj, R.C. 2003. Purification and Characterization of The Chatepsin L-like Proteinase From Goat Brain, *Indian Journal Biochemistry*, **40**: 315-323.
- Sadikin, M., 2002, *Biokimia Enzim*, Penerbit Widya Medika, Jakarta.
- Safriani.1995. Kajian Kondisi Fermentasi pada Selulase dari Limbah Kelapa Sawit (Tandan Kosong dan Sabut) oleh *Neurospora sitophila*. *Skripsi*. Bogor. Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Sari, R.F. 2010.
- Santos, C.R., Paiva, J.H., Sforca, M.L., Neves, J.L., Navarro, R.Z., Cota, J., Akao, P.K., Hoffmam, Z.B., Meza, A.N., Smetana, J.H., Nogueira, M.L., Polikarpov, I., Xavier-Neto, J., Squina, F.M., Ward, R.J., Ruller, R., Zeri, A.C., Murakami, M.T., 2012, 'Dissecting structurefunction-stability relationship of a thermostable GH5-CBM3 cellulase from *Bacillus subtilis* 168',

- RCSB Protein Data Bank, Diakses pada 2 januari 2016,
<http://www.rcsb.org/pdb/explore/explore.do?structureId=3pzt>.
- Scopes, R.K., 2002, 'Enzyme Activity and Assays' in *Encyclopedia of Life Science*.
- Shanmunghapriya, S., Kira, G.S., Selvin, J., Thomas, T.A. and Rani, C. 2010. Optimization, Purification and Characterization of Extracellular Mesophilic Alkaline Cellulase from Sponge-Associated *Marinobacter* sp. MSI032, *applied Biochemistry & Biotechnology*, **162(3)**: 625-640.
- Sinly, E.P. dan Johan, A.P. 2004. *Bioremoval, Metode Alternatif untuk Menanggulangi Pencemaran Logam Berat*. BPP.IKHMI
- Stryer, L. 2000. Biokimia Edisi 4 Volume 2. Terjemahan Sidikin, M. Biochemistry. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Subba, R. 1995, *Soil Microorganisms and Plant Growth* 3rd ed. Science Publisher Inc. New Hampshire, pp.12-50.
- Surdia, T. dan Saito, S. 1995, Pengetahuan Bahan Teknik. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Susanto, F, 2012, *Skrining Dan Isolasi Bakteri Penghasil Enzim Selulase Dari Limbah Tebu*, Fakultas Farmasi, UKWMS, Surabaya, Halaman 2-3, 61.
- Ullah AHJ. 1988. *Aspergillus ficuum* phytase: partial primary structure, substrate selectvity, and kinetic characterisation. *Prep Biochem* 18: 459-471.
- Utami, C.P. 2015, 'Karakterisasi Ekstrak Kasar Enzim Selulase Dari Isolat Bakteri Selulolitik (*Bacillus subtilis* Strain SF01) Asal Limbah

- Ampas Tebu', *skripsi*, Sarjana Farmasi, Universitas Katolik Widya Mandala, Surabaya.
- Volk and Wheeler, 1984, *Mikrobiologi Dasar* Edisi Keliam Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Wang, G., Zhang, X., Wang, L., Wang, K., Peng, F. and Wang, L. 2012. The Activity and Kinetic Properties of Cellulases in Substrates Containing Metal Ions and Acid Radicals, *Biological Chemistry* **2**: 390-395.
- Wijaya, L.T. 2016, 'Pengaruh Penambahan Ion Logam Fe^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} dan NH_4^+ Terhadap Aktivitas Ekstrak Kasar Enzim Selulase Dari *Bacillus subtilis* Strain SF01', *skripsi*, Sarjana Farmasi, Universitas Katolik Widya Mandala, Surabaya.
- Winarno, F.G., Fardiaz, S, 1990, *Biofermentasi dan Biosintesa Protein*, Edisi X, Angkasa, Bandung.
- Windholz, M. 1976. *The Merck Index*, 9th ed. New Jersey: Merck & Co.
- Yin, L.J., Lin, H.H. and Xioa, Z.R. 2010. Purification and Characterization of A Cellulase From *Bacillus subtilis* YJ1, *Journal of Marine Science and Technology*, **18(3)**: 466-471.
- Zainuddin, M. 2011, *Metodologi Penelitian Kefarmasian dan Kesehatan*, Airlangga University Press, Surabaya.